Chapitre 8 Les lois de Newton

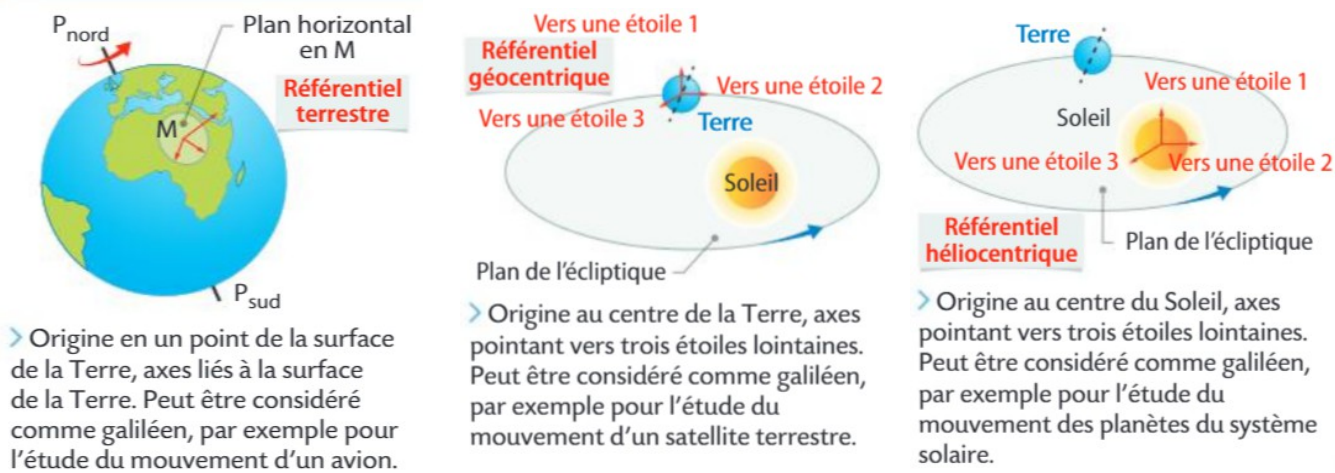
Les lois de Newton sont à la base de la **dynamique newtonienne** qui est la partie de la mécanique qui étudie les causes des mouvements des corps que la **cinématique** nous permet ensuite de décrire. La **dynamique du point matériel** relie donc les forces s'exerçant sur un système, assimilé à son centre de masse, au mouvement de ce système ou, plus précisément, à son accélération.

I-Référentiels galiléens

Pour simplifier l'étude du mouvement d'un système, il faut utiliser un référentiel adapté.

Un **référentiel galiléen** est un référentiel dans lequel les lois de Newton sont vérifiées.

Certains référentiels peuvent être considérés comme galiléens sur des durées adaptées :



> Origine en un point de la surface de la Terre, axes liés à la surface de la Terre. Peut être considéré comme galiléen, par exemple pour l'étude du mouvement d'un avion.

> Origine au centre de la Terre, axes pointant vers trois étoiles lointaines. Peut être considéré comme galiléen, par exemple pour l'étude du mouvement d'un satellite terrestre.

> Origine au centre du Soleil, axes pointant vers trois étoiles lointaines. Peut être considéré comme galiléen, par exemple pour l'étude du mouvement des planètes du système solaire.

Un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen est lui aussi galiléen.

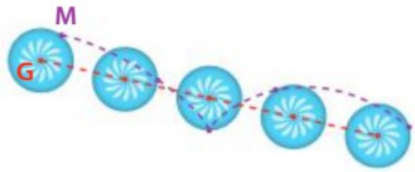
Ex : une table posée au sol, un ascenseur qui monte à vitesse constante ou un train roulant en ligne droite et à vitesse constante dans le référentiel terrestre peuvent être considérés comme des référentiels galiléens dans les mêmes cas que le référentiel terrestre.

Un référentiel qui accélère, ralentit ou tourne par rapport à un référentiel galiléen n'est pas galiléen.

Ex : un ascenseur dont le câble de traction se casse et qui accélère brutalement dans sa chute, un train roulant en ligne droite et qui freine brutalement ou le sol d'un manège qui tourne à vitesse constante dans le référentiel terrestre ne sont pas galiléens : les lois de Newton ne s'y appliquent pas sous leur forme traditionnelle.

II-Centre de masse d'un système

Le centre de masse G d'un système est l'unique point de ce système où on peut toujours appliquer les lois de Newton. C'est en effet le point du système qui a le mouvement le plus simple.



> Au cours du mouvement d'un frisbee, le centre de masse G a un mouvement plus simple que celui d'un point M à la périphérie.

Lorsque l'on ramène l'étude du mouvement d'un système à celui de son centre de masse G, on considère que **toute la masse du système est concentrée en son centre de masse G**.

La position du centre de masse traduit la répartition des masses au sein du système. Si la masse est répartie uniformément au sein du système, le centre de masse est le centre géométrique.

Ex :

- dans une balle, le centre de masse est le centre géométrique de l'objet, la masse étant répartie uniformément ;

- dans un balai, le centre de masse n'est pas le centre du manche mais un point situé plus près de la brosse car la brosse, à une extrémité, possède une masse non négligeable devant la masse totale du balai.
- dans un marteau, le centre de masse n'est pas le centre du manche mais un point situé au niveau de la tête car la tête métallique, à une extrémité, possède une masse prépondérante dans la masse totale du balai.

III-<u>Première loi de Newton ou principe d'inertie</u>

Dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à son centre de masse n'est soumis à aucune force (système isolé) ou si il est soumis à un ensemble de forces qui se compensent (système pseudo-isolé), alors il est immobile ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

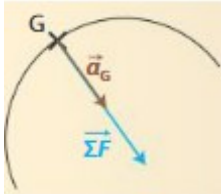
On peut résumer cela sous la forme :

$\sum \vec{F}=\vec{0}$ <=> $\vec{v}=\vec{0}$ (immobile) ou $\vec{v}=\vec{cte}$ (mouvement rectiligne uniforme : $\vec{a}=\vec{0}$)

$\sum \vec{F}\neq\vec{0}$ <=> $\vec{v}\neq\vec{cte}$ (ni immobile ni mouvement rectiligne uniforme : $\vec{a}\neq\vec{0}$)

IV-<u>Seconde loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique</u>

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces $\sum \vec{F}$ qui s'exercent un système de masse m constante et le vecteur accélération $\vec{a}$ de son centre de masse sont reliés par la formule suivante : $\sum \vec{F}=m\vec{a}$ avec $\sum F$ en newton N, m en kg et a en m/s^2.



La résultante des forces appliquées à un système est donc colinéaire au vecteur accélération et dans le même sens que ce dernier.

<u>Remarques</u> :

- en première, nous avons vu l'expression approchée de la seconde loi de Newton : $\sum \vec{F}=m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

S i Δt tend vers 0, $\lim(\Delta t\to 0)\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}=\lim(\Delta t\to 0)\frac{\vec{v}(t+\Delta t)-\vec{v}(t)}{\Delta t}=\frac{d\vec{v}}{dt}=\vec{a}$ et la relation devient bien $\sum \vec{F}=m\vec{a}$.

- si on remplace la somme des forces $\sum \vec{F}$ par $\vec{0}$ dans la seconde loi de Newton, alors on en déduit que le vecteur accélération est nul : $\vec{a}=\vec{0}$. On retombe bien sur la première loi de Newton qui n'est donc qu'un cas particulier de la seconde loi de Newton.

- la seconde loi de Newton permet de déterminer le vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse, les forces appliquées au système $\sum \vec{F}$ étant connues, ou inversement.